

ИНСТИТУТУ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ АН СССР 50 ЛЕТ

Академик Н. М. ЭМАНУЭЛЬ

В начале нашего столетия новые идеи теоретической и экспериментальной физики, открытия в области строения атома и химической связи сделали возможным глубокое проникновение во внутренний мир химических явлений. Около полувека назад в различных странах мира одновременно начала формироваться новая область естествознания — химическая физика, представляющая собой физические основы химии и включающая строение вещества и учение о химических превращениях (химическую кинетику).

В СССР научным центром, в котором зародилась и сделала свои первые шаги химическая физика, стал Ленинградский государственный физико-технический рентгеновский институт (ГФТРИ), возглавлявшийся академиком А. Ф. Иоффе. В 1921 г. в стенах этого Института начала работать лаборатория электронной химии, которой руководил Н. Н. Семенов. Лаборатория вела исследования в области электрических полей, молекулярной физики и электронных явлений.

Н. Н. Семеновым, Ю. Б. Харитоном, А. И. Шальниковым и С. З. Рогинским были выполнены исследования молекулярного пучка, изучены явления конденсации и адсорбции, процессы полимеризации, решены некоторые задачи коллоидной химии. Н. Н. Семеновым, В. Н. Кондратьевым и О. И. Лейпунским исследовались потенциалы ионизации, явления люминесценции и обмена энергией при столкновениях электронов и ионов с молекулами, изучались спектры молекул; эти работы легли в основу современных представлений об электронном строении и динамике превращения молекул.

В 1925 г. Н. Н. Семеновым, Ю. Б. Харитоном, З. Ф. Вальта, А. И. Шальниковым были открыты новые явления, не укладывающиеся в рамки существовавших представлений о механизмах химических реакций. При окислении паров фосфора были обнаружены случаи резких переходов от почти полной инертности, неизменности смеси способных химически реагировать веществ к бурному их взаимодействию, которое сопровождается возникновением пламени (явления нижнего предела, критического давления, критических размеров реагирующего сосуда и др.). Эти работы легли в основу сформулированной Н. Н. Семеновым и получившей вскоре исключительно широкую известность теории разветвленных цепных реакций.

Н. Н. Семенов, Ю. Н. Рябинин, А. В. Загулин, А. А. Ковальский открыли в 1928—1930 гг. предельные явления при окислении паров серы, водорода, окиси углерода, сероуглерода. Впоследствии П. Я. Садовников обнаружил предельные явления при окислении этана, а П. С. Шантарович — при окислении фосфина, арсина, силана, сероводорода, умножив число примеров цепного воспламенения и показав распространенность цепных разветвленных реакций. В связи с разработкой теории

цепных реакций рассматривался вопрос о прямом использовании энергии горения для фиксации атмосферного азота путем превращения его в окись азота. Было показано, что этот процесс протекает по цепному механизму с участием атомов азота и кислорода, но что выход окислов азота не превышает термически равновесных величин (Н. Н. Семенов, Я. Б. Зельдович, Д. А. Франк-Каменецкий, П. Я. Садовников, М. А. Ривин, Н. М. Чирков).

Кроме процессов цепного взрыва существует другой исключительно важный и распространенный тип воспламенения. Это — тепловой взрыв, который напоминает развитие пробоя диэлектриков, изученного Н. Н. Семеновым, В. А. Фоком и А. Ф. Вальтером в начальный период деятельности лаборатории электронной химии. Причина взрыва заключается в нарушении теплового равновесия в системе, в превышении теплоприхода над теплоотводом, в прогрессирующем росте скорости реакции, вплоть до взрывной. В 1928 г. Н. Н. Семенов в работе «К теории процессов горения», наряду с теорией цепного воспламенения, дал количественную теорию теплового взрыва. В том же году А. В. Загулин на ряде примеров (взрыв закиси хлора, взрыв смеси водорода с хлором) подтвердил правильность вытекающей из теории формулы Н. Н. Семёнова, связывающей взрывное давление с температурой. В дальнейшем теория теплового взрыва была развита и уточнена О. М. Тодесом и Д. А. Франк-Каменецким. При этом кроме законов теплового взрыва для реакций простых типов были найдены закономерности взрыва для реакций автокаталитического типа, установлены критерии теплового взрыва. Были выполнены исследования по гетерогенной и гомогенной конденсации металлов с получением коллоидов металлов и ультрадисперсных порошков, нашедших применение для процессов полимеризации (Д. В. Талмуд, С. Е. Бреслер, А. И. Шальников, И. Л. Зельманов, М. Я. Ген, М. С. Зискин, Ю. И. Петров, Ю. И. Федоров).

В сентябре 1931 г. ГФТРИ был реорганизован в Физико-технический научно-исследовательский комбинат, состоящий из трех самостоятельных научно-исследовательских институтов. Среди этих институтов 15 октября 1931 г. приказом по научно-исследовательскому сектору ВСНХ СССР был создан Ленинградский научно-исследовательский институт химической физики (ЛИХФ). Директором Института был назначен Н. Н. Семенов. В 1939 г. Институт химической физики вошел в состав Академии наук СССР, с 1943 г. Институт переведен в Москву. Начав самостоятельное существование, Институт химической физики развернул работу над решением своей основной научной задачи, направленной на внедрение физических теорий и методов в химию, химическую промышленность и ряд других отраслей народного хозяйства.

Рассмотрим вклад в развитие химической физики, внесенный Институтом после 1931 года.

Цепные реакции. Химическая кинетика. Химическая кинетика лежит в основе всех научных направлений, разрабатываемых в Институте. Методы и представления химической кинетики обеспечили успех в развитии областей цепных реакций, процессов горения и взрыва, гомогенного и гетерогенного катализа, полимеризации, стабилизации полимеров, фото- и радиационной химии, а позднее также и в ряде областей современной биологии и медицины. Особое внимание было уделено разработке теории цепных разветвленных процессов и ее экспериментальным обоснованиям. Получили ясную физическую интерпретацию многие впервые открытые явления, свойственные цепным разветвленным процессам — явления нижнего и верхнего пределов воспламенения, своеобразная форма областей цепного воспламенения горючих газов в виде «полуостровов» в координатах давление — температура, особенности действия инертных газов и размеров сосуда на нижний предел воспламенения, влияние активных примесей и стенок реакционного сосуда.

Детально были рассмотрены цепные неразветвленные процессы, выявленные в химической кинетике благодаря работам М. Боденштейна и В. Нернста. Для обоих типов цепных реакций были развиты теории обрыва цепей на стенках и в объеме реакционного сосуда, дано теоретическое рассмотрение общего случая обрыва цепей как в объеме, так и на поверхности (В. Р. Бурсиан, В. С. Сорокин). Получены дифференциальные уравнения и их интегральные формы для неразветвленных и разветвленных реакций, позволяющие описать развитие цепей во времени, т. е. кинетику таких процессов (Н. Н. Семенов).

Уже в 1931 г. Н. Н. Семенов обратил внимание на возможность замедленного развития цепной лавины, на возможность существования медленно развивающихся нестационарных процессов, так называемых цепных реакций с «вырожденными» разветвлениями («вырожденный взрыв»). Теория этих процессов позволяет понять и количественно описать многочисленные случаи медленного развития цепной лавины, не приводящего к воспламенению горючей газовой смеси. Многие реакции медленного окисления были рассмотрены с точки зрения этой теории.

Был выполнен огромный объем исследований, направленных на экспериментальное обоснование цепной теории. Так, например, А. Трифонов в классических опытах показал, что скорость цепной неразветвленной реакции фотохимического образования хлористого водорода из водорода и хлора уменьшается при уменьшении диаметра сосуда (из-за обрыва цепей на стенках). Он же нашел, что при увеличении давления различие в скоростях сглаживается, так как повышение давления увеличивает путь активных центров к стенкам.

Большое внимание было уделено изучению цепной разветвленной реакции окисления фосфора. А. А. Ковальский впервые установил границы единой области воспламенения паров фосфора в кислороде. Н. Н. Семенов нашел хорошее согласие теоретических представлений о природе нижнего и верхнего пределов воспламенения с экспериментальными данными. Однако, наибольшие усилия на протяжении многих лет были направлены на кинетическое изучение окисления водорода, протекающего по механизму сложного разветвленно-цепного процесса (Н. Н. Семенов, А. В. Загулин, А. А. Ковальский, В. Н. Кондратьев, Л. И. Авраменко, И. Д. Копп, Ф. И. Дубовицкий, А. Б. Налбандян, В. В. Воеводский, Е. И. Кондратьева, А. Я. Яковлева, Н. Н. Семенова). В настоящее время реакция окисления водорода представляет собой классическую модель цепного разветвленного процесса. обстоятельно было изучено окисление окиси углерода, сероуглерода, сероводорода. Исследования исключительной важности для всего последующего развития области цепных реакций, были выполнены А. А. Ковальским, Н. М. Чирковым, П. Я. Садовниковым, М. Б. Нейманом, А. И. Сербинковым, Б. В. Айвазовым, В. А. Шушуновым, М. Ф. Пушленковым по реакциям медленного окисления и взрыва простейших углеводородов в газовой фазе (метан, этан, пропан, пентан). Обширный экспериментальный материал зарубежных авторов, изучавших как уже упоминавшиеся химические системы, так и ряд других (окисление бензола, этилена, ацетилена, низкотемпературное окисление альдегидов, окисление раствора сульфита натрия, термическое разложение кислородных соединений хлора, термическое разложение и взрыв озона, фотохимическое разложение треххлористого азота и растворов перекиси водорода) был проанализирован с позиций общей теории цепных реакций Н. Н. Семенова.

Мировую известность получила фундаментальная монография Н. Н. Семенова «Цепные реакции» (1934), обобщающая результаты исследований цепных реакций в первый период их интенсивного развития, установившая канонические признаки химических превращений этого типа. Когда изучавшиеся реакции приводили к тепловому взрыву, условия взрыва характеризовались с помощью формулы Н. Н. Семенова

До наших дней изучение кинетики газофазных цепных реакций составляет важную часть исследований, проводимых в Институте.

Уже в предвоенные годы в Институте получило развитие новое направление — изучение детального химического механизма цепных реакций, идентификация стабильных продуктов и свободных радикалов и атомов, определение их концентраций и реакционной способности (В. Н. Кондратьев, Л. И. Авраменко, Н. М. Эмануэль, В. В. Воеводский, М. Б. Нейман, В. Я. Штерн, С. С. Поляк).

В 1936 г. впервые в мире В. Н. Кондратьев применил масс-спектрограф для решения задач химической кинетики. В настоящее время благодаря работам

В. Л. Тальрозе масс-спектрометрический метод широко применяется для исследования элементарных реакций ионов и свободных радикалов. Разработан оригинальный масс-спектрометрический метод определения структуры и состава полимеров посредством бомбардировки их нейтральными атомами.

Большое значение имело изучение свободных атомов и радикалов, образующихся в холодных пламенах цепного взрыва, проведенное В. Н. Кондратьевым, разработавшим для этой цели оригинальные методы линейчатого поглощения и каталитического зонда, позволяющие измерять концентрацию свободных частиц в ходе реакции. Было обнаружено, что активные центры цепных разветвленных процессов образуются в концентрациях, на несколько порядков превышающих термодинамически равновесные.

В 1940 г. Н. Н. Семенов, Д. С. Павлов, Н. М. Эмануэль нашли, что в ходе медленных цепных разветвленных реакций образуются высокие концентрации свободных радикалов (например, моноокись серы при окислении сероводорода). Два десятилетия спустя Р. Г. Норриш в Англии обнаружил моноокись серы при окислении сероводорода методом импульсного фотолиза, а в 1964 г. А. Б. Налбандян — методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). В. Н. Панфилов этим же методом определил, что при окислении водорода образуются в высоких концентрациях атомы водорода. В дальнейшем с помощью метода ЭПР было найдено, что содержание атомов Cl в пламени NCl_3 при комнатной температуре достигает 40% от количества исходного вещества (Н. Н. Семенов, В. В. Азатян). Таким образом цепная разветвленная реакция является своеобразным генератором свободных атомов и радикалов в сверхравновесных количествах.

Большой вклад в изучение механизма радикальных процессов внес В. В. Воеводский, благодаря широкому применению метода ЭПР для изучения элементарных процессов. Дальнейшее развитие применение метода ЭПР к различным проблемам химической кинетики получило в работах В. Б. Казанского, Ю. Н. Молина, Ю. Д. Цветкова, К. И. Замаева, Л. А. Блюменфельда, Я. С. Лебедева, А. Л. Бучаченко. В области изучения элементарных актов химических превращений нашли применение также методы радиационной химии (В. Л. Тальрозе, Б. Г. Дзантиев), кинетические изотопные методы (С. З. Рогинский, М. Б. Нейман),



Н. Н. Семенов, В. В. Азатян, 1976 г.

хемилюминесцентный метод исследования кинетики жидкофазных реакций (В. Я. Шляпинтох, Р. Ф. Васильев), метод импульсного фотолиза (В. А. Кузьмин), молекулярных пучков (В. Н. Кондратьев, Л. Ю. Русин). Получил распространение метод ударных труб, позволяющий изучать элементарные процессы возбуждения колебаний, ионизации и диссоциации молекул (А. А. Борисов, Г. Б. Манелис). Теоретическому анализу элементарных актов посвящены исследования Е. Е. Никитина, В. И. Ошерова, рассматривающих в частности влияние реакций колебательно-возбужденных молекул на реакционную способность системы. С новых позиций анализируются вопросы о роли вращательной энергии в кинетике диссоциации двухатомных молекул (Н. М. Кузнецов).

Методы квантовой химии применяются к решению задач кинетики, строения и реакционной способности молекул (Н. Д. Соколов). Теория электронного парамагнитного и ядерного магнитного резонанса развивается Б. Н. Провоторовым, И. В. Александровым. Широкое использование нашли методы ядерного магнитного резонанса (К. И. Замараев, В. Ф. Быстров, Л. И. Декабрун, Л. Н. Ерофеев), рентгено-структурного анализа (Л. О. Атовмян), гамма-резонансной спектроскопии (В. И. Гольданский).

В последнее время А. Е. Шилов, В. И. Веденеев и А. М. Чайкин экспериментально обнаружили предсказанные ранее Н. Н. Семеновым цепные реакции с энергетическими разветвлениями цепи, осуществляющимися за счет реакций колебательно-возбужденных молекул — продуктов экзотермических элементарных стадий цепного процесса. Этот тип реакций характерен для многих реакций с участием фтора. Было показано, что в газовой фазе молекулярный фтор реагирует с рядом молекул с образованием атомов и радикалов (А. Е. Шилов, А. М. Чайкин). На основе реакции фтора с водородом, протекающей с энергетическим разветвлением цепи был впервые создан химический лазер (В. Л. Тальрозе). Важным направлением исследований В. Л. Тальрозе стало определение констант элементарных процессов в озоносфере Земли, ответственных (в конкуренции с фотохимическим образованием озона) за поддержание его стационарной концентрации.

На многих примерах изучены цепные реакции, включающие взаимодействие цепей (В. Г. Воронков). Недавно Н. Н. Семенов и В. В. Азатян на новом уровне техники физического эксперимента и вычислительной техники рассмотрели на примерах многих классических цепных разветвленных газовых реакций вопрос о необходимости учета нелинейных реакций обрыва цепей в объеме и на поверхности, возникающего вследствие больших концентраций активных центров. Это дало возможность более строго и корректно описать кинетику разветвленных цепных процессов в газовой фазе.

Особенно интенсивно изучались медленные реакции с вырожденными разветвлениями цепи. Изучена кинетика и механизм окисления метана (Н. Н. Семенов, А. Б. Налбандян, Н. С. Ениколопов, А. М. Маркевич, Н. А. Клейменов, Л. В. Кармилова). Эта реакция рассматривалась в качестве одного из возможных способов производства формальдегида. Много внимания было уделено установлению химического механизма цепной реакции окисления пропана (В. Я. Штерн, С. С. Поляк). При окислении пропана в присутствии бромистого водорода было открыто новое явление макроскопической стадийности сложного цепного процесса, когда в начальной иницирующей стадии образуются промежуточные продукты, обуславливающие затем селективное окисление пропана в ацетон. Процессом можно управлять путем воздействий на каждую из макроскопических стадий в отдельности (Н. М. Эмануэль, З. К. Майзус). Эти исследования положили начало циклу работ по гомогенному катализу в газовых цепных реакциях. Макроскопическая стадийность была установлена также при окислении альдегидов в газовой фазе. Об-

наружено своеобразное поведение промежуточных гидроперекисей, обеспечивающих, при определенных условиях, взрывное протекание процесса (Н. М. Эмануэль, Э. А. Блюмберг, З. К. Майзус, Т. Е. Павловская, Г. Я. Тимофеева, В. М. Чередниченко, Д. Г. Кнорре, Р. Ф. Васильев).

Большим направлением работ Института стало изучение кинетики реакций окисления органических веществ в жидкой фазе (Н. М. Эмануэль, З. К. Майзус, И. В. Березин, Д. Г. Кнорре, Э. А. Блюмберг, Е. Т. Денисов, И. П. Скибида, А. Б. Гагарина). Создана и экспериментально обоснована цепная теория жидкофазного окисления органических веществ. Получены кинетические уравнения процессов окисления углеводов различных классов. Дана общая принципиальная схема автокаталитического, катализированного и ингибированного окисления и экспериментально изучены многочисленные конкретные случаи. Открыто явление радикального взаимодействия ингибиторов, лежащее в основе механизма синергического действия ингибирующих композиций. Разработаны новые принципы ускорения процессов окисления углеводов и сжиженных углеводородных газов при температурах и давлениях, близких к критическим, путем кратковременного воздействия газовых инициаторов и проникающих излучений. Изучены сопряженные цепные реакции окисления бутана в уксусную кислоту и метилэтилкетон, окисления олефинов в эпоксиды (окиси пропилена, стирола и гексафторпропилена) и жидкофазное окисление сернистого газа. Результаты исследований кинетики и механизма реакций жидкофазного окисления играют важную роль в изучении процессов термоокислительного старения и стабилизации полимеров.

В 1958 г. вышла в свет монография Н. Н. Семенова «О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности», которая подвела итоги периода деятельности Института, когда внимание ученых было сосредоточено на химическом механизме изучаемых реакций. Научные достижения Н. Н. Семенова в области исследования механизма химических реакций были отмечены присуждением в 1941 г. Государственной премии СССР, в 1956 г. — Нобелевской премии по химии, в 1976 г. — Ленинской премии.

За работы в области изучения новых свойств и особенностей цепных реакций Ленинская премия 1958 года была присуждена Н. М. Эмануэлю.

В настоящее время цепная теория стала научной основой многих технологических процессов в химической и нефтехимической промышленности, таких как полимеризация, окислительная переработка нефтяного сырья, крекинг, получение функциональных производных углеводов. Знание кинетических параметров и механизма химических реакций необходимо для оптимизации промышленных процессов — увеличения скорости и повышения селективности химических реакций при минимизации затрат энергии и сырья.



В. В. Воеводский, Ю. Н. Моллин,
1961 г.

С 70-х годов исследуется влияние магнитных взаимодействий на химические процессы. Обнаружена химическая поляризация ядер в радикальных химических реакциях; открыто радиоизлучение, возникающее за счет химической поляризации ядер в ряде фотохимических и термических реакций (Ю. Н. Молин, А. Л. Бучаченко).

Важную роль играет создание нового класса органических парамагнитных веществ — стабильных нитроксильных радикалов, нашедших широкое применение в химии, химической технологии, молекулярной биологии, медицине при установлении детального механизма процессов (М. Б. Нейман, Э. Г. Розанцев, А. Л. Бучаченко, Г. И. Лихтенштейн).

Существенный вклад в развитие научных направлений Института вносят химики-органики, которые ведут целенаправленный синтез и исследуют строение и свойства веществ различного назначения (К. М. Дюмаев, В. В. Ершов, Р. Г. Костяновский, Б. И. Лиогонький).

Сложнейшая проблема химической кинетики — кинетика реакций, протекающих в твердой фазе — разрабатывается Г. Б. Манелисом, Я. С. Лебедевым, П. Ю. Бутягиным, которые изучают характер элементарных процессов, влияние дефектов кристаллической решетки, механических воздействий.

Дано общее описание кинетики и механизма твердофазных реакций как безызлучательных электронных переходов, заложены основы квантовой кинетики низкотемпературных твердофазных реакций. Изучается роль туннелирования в низкотемпературных реакциях с туннельным переносом электронов, атомов и молекулярных групп. (В. И. Гольданский).

Макроскопическая кинетика, т. е. учение о законах протекания химического процесса в условиях, осложненных диффузией и теплопередачей, получила развитие в трудах Я. Б. Зельдовича, Д. А. Франк-Каменецкого, А. Г. Мержанова.

Катализ. Общеизвестный вклад в область гетерогенного катализа внесен трудами С. З. Рогинского и его сотрудников (С. Ю. Елович, О. М. Тодес, Я. Б. Зельдович, О. И. Лейпунский, Н. Е. Брежнева, Л. Я. Марголис, Г. М. Жарбова, Н. П. Кейер, М. Я. Кушнарев, Б. М. Каденацци, И. И. Третьяков, А. Б. Шехтер).

В 30-х годах с помощью нового для того времени метода электронной микроскопии были выполнены важные для гетерогенного катализа исследования кинетики топочимических процессов. Была выдвинута теория приготовления катализаторов, широко использовавшаяся для получения промышленных катализаторов. Изучение природы контактных явлений позволило получить ряд новых фактов в области адсорбции и катализа. Эти исследования завершились созданием электронной теории катализа (С. З. Рогинский, Ф. Ф. Волькенштейн).

Была развита общая статистическая теория процессов на неоднородных поверхностях. Предложен оригинальный метод модифицирования поверхности катализатора, открывший перспективы регулирования свойств гетерогенных контактов. Изучению природы каталитических явлений способствовали адсорбционные исследования сверхчистых металлов и реакций простых молекул и атомов на их поверхности.

Была рассмотрена возможность существования гетерогенных цепных реакций и их роль в механизме катализа. Были выдвинуты предположения о плоских, закрепленных и энергетических цепях на твердой поверхности (Н. Н. Семенов, В. В. Воеводский).

Уже в предвоенные годы по уровню работ в области гетерогенного катализа Институт вышел в один ряд с лучшими мировыми лабораториями, занимающимися теорией катализа.

В настоящее время теория и экспериментальное изучение гетерогенного катализа базируются на широком использовании спектроскопических и радиоспектроскопических методов. Установлена определяющая

роль процессов комплексообразования и реакций с участием возбужденных состояний в гетерогенном катализе (О. В. Крылов). Изучению атомов, радикалов и комплексов на поверхности гетерогенных контактов посвящены исследования В. Б. Казанского. Изучено большое число каталитических реакций, имеющих практическое значение, например, окисление олефинов в непредельные альдегиды и кислоты, синтез углеводородов, глубокое окисление углеводородов на неплатиновых (окисных) катализаторах, на основе которого созданы и освоены промышленностью беспламенные каталитические источники тепла.

В работах Н. Н. Семенова, Н. М. Чиркова, В. И. Гольданского, С. Г. Энтелиса открыт и изучен новый тип катализа — ионно-гетерогенный катализ в тонких пленках, наносимых на поверхности различных адсорбентов. На основании установления механизма этого вида катализа усовершенствовано использование промышленных катализаторов кислотного типа. Эти работы послужили основой нового направления кислотно-основного катализа, развиваемого М. И. Винником.

Разработана теория действия катализаторов в реакциях жидкофазного окисления (Н. М. Эмануэль, З. К. Майзус, Э. А. Блюмберг, И. П. Скибида). Установлена общность элементарного акта катализа для гомогенных и гетерогенных катализаторов этих реакций. Показано, что катализатор принимает участие во всех элементарных стадиях радикально-цепного процесса за счет образования активных промежуточных комплексов с частичным переносом заряда между катализатором и реагирующими молекулами.

В области металлокомплексного катализа новым оригинальным направлением являются исследования по активации насыщенных молекул комплексами металлов (А. Е. Шилов). Впервые наблюдалось комплексообразование молекулярного азота с соединениями рутения. Би-ядерные комплексы азота с соединениями титана позволяют восстановить азот до гидразина. Обнаружена активация насыщенных углеводородов комплексами кобальта и платины. Открыты системы, восстанавливающие азот и аммиак в водных и спиртовых растворах и имеющие определенные аналогии с биологическими системами. Сделан вывод о существенной роли процессов многоэлектронного переноса в химическом и биологическом катализе (А. П. Пурмаль).

Развиваются работы по изучению механизма фотосинтеза (А. Е. Шилов, Г. И. Лихтенштейн, Л. А. Блюменфельд, В. А. Бендерский, Н. Г. Колмиссаров). Найдены системы, способные под действием видимого света разлагать воду с образованием водорода и кислорода, а также системы, моделирующие реакцию фотосинтеза.

Обнаружены новые эффективные катализаторы хлорирования и гидрирования, нашедшие применение для получения гербицидов и красителей (М. Л. Хидекель, А. А. Брикенштейн).

Полимеризация. Полимерные материалы. Еще в 30-х годах Н. Н. Семенов предположил, что образование макромолекул является цепным неразветвленным процессом. Были рассмотрены элементарные акты зарождения, роста и обрыва цепи, сформулированы понятия степени полимеризации и явления передачи цепи, выведено уравнение наиболее вероятного распределения цепей реакции по кинетическим длинам цепей, подтвержденное впоследствии другими учеными для молекулярно-весового распределения продуктов цепного процесса полимеризации.

С 60-х годов в связи с общим расширением в нашей стране фронта исследований по химии полимеров в Институте были развернуты работы по изучению кинетики процессов полимеризации, созданию теоретических основ и методов получения полимеров с заданными свойствами, исследованию физико-химических и механических свойств полимеров и полимерных материалов. Эти работы возглавили Н. М. Чирков, Н. С. Ениколопов, А. А. Берлин, М. Б. Нейман, А. М. Маркевич,

П. С. Шантарович, Б. А. Долгопоск. Кинетический подход к исследованию полимеризации в сочетании с современными спектральными, хроматографическими, электрохимическими методами дает возможность детального изучения как механизма процесса полимеризации в целом, так и его элементарных стадий.

Работы Института внесли значительный вклад в развитие многих направлений полимерной химии. Н. М. Чирковым была разработана кинетическая модель сложных процессов каталитической полимеризации олефинов, найден новый метод получения изотактического полипропилена в сжиженном пропилене, который лег в основу первого советского промышленного производства полипропилена (Н. Н. Семенов, Н. М. Чирков, Д. В. Иванюков).

Были исследованы реакционноспособные олигомеры, на основе которых разрабатываются изделия с технически важными свойствами. Создано опытно-промышленное производство различных олигоэфиракрилатов и их аналогов. Разработаны полимеризационные и поликонденсационные методы и изучены механизмы получения олигомеров и полимеров с системой сопряжения (А. А. Берлин, Т. Я. Кефели, Б. И. Лиюгонький, М. И. Черкашин).

Установлены механизмы ионно-координационной полимеризации кислородсодержащих мономеров, исследуются механизм процессов образования полиуретанов, конформационная статистика полимерных цепей (С. Г. Энтелис). Изучается кинетика и механизм радикальной полимеризации и сополимеризации фторсодержащих мономеров (А. М. Маркевич). Открыта новая элементарная реакция полимеризации — передача цепи с разрывом, которая легла в основу кинетического описания и промышленной реализации процесса синтеза высокомолекулярного полиформальдегида; установлен факт очень быстрой полимеризации твердого мономера под действием высоких давлений в сочетании с деформацией сдвига (Н. С. Ениколопов). Обнаружено явление полимеризации и поликонденсации ядра мономеров и неполимеризующихся в обычных условиях веществ при воздействии ударной волны (В. И. Гольданский, А. Н. Дремин, П. А. Ямпольский).

В последнее десятилетие наряду с углубленной разработкой начатых ранее направлений, существенно расширились работы в области химической физики полимеров. Широко исследуются процессы ионной полимеризации кислородсодержащих мономеров, развиваются теоретические исследования механизмов катионной и анионной полимеризации (Н. С. Ениколопов, С. Г. Энтелис, С. А. Вольфсон, Ал. Ал. Берлин, Б. А. Розенберг).

Активно развиваются работы в области каталитической полимеризации олефинов, изучения структуры полиолефинов и их физико-механических и реологических свойств. Разработаны новые катализаторы и процессы, перспективные для промышленного использования (Ф. С. Дьячковский, А. А. Брикенштейн, Л. А. Новокшенова).

Совместно с учеными МГУ и НИФХИ им. Л. Я. Карпова обнаружена и исследована аномально быстрая полимеризация в твердой фазе и в некоторых жидких системах с достаточной степенью упорядоченности молекул мономеров. Обнаружен низкотемпературный предел скорости химической реакции, что меняет представление о полной химической инертности вещества при температурах, близких к абсолютному нулю. Эта работа удостоена Ленинской премии 1980 г. (И. С. Ениколопов, В. И. Гольданский, В. А. Кабанов, А. Д. Абкин).

Большой цикл работ посвящен созданию новых высокопрочных конструкционных материалов на основе стеклопластиков и разработке физико-химических основ армирования полимеров (А. К. Буров, Г. Д. Андреевская).

Предложен новый путь получения высоконаполненных полимеров (норпластов), обладающих необычными физико-механическими свойствами, создаются новые композиционные материалы (Н. С. Ениколов). Проводится теоретическое и экспериментальное изучение деформации и разрушения полимеров и композиционных материалов, механизмов горения и действия ингибиторов горения полимеров.

С развитием промышленности полимерных материалов особое значение приобрела проблема деструкции и стабилизации полимеров. Эту проблему начал разрабатывать в конце 50-х годов М. Б. Нейман, а также А. Ф. Луковников, П. И. Левин, В. Б. Миллер. В дальнейшем эти работы развивались под руководством Н. М. Эмануэля большим коллективом сотрудников.

Выполнены многочисленные экспериментальные исследования кинетики и механизма неингибированного и ингибированного термоокислительного старения полиолефинов и сополимеров на их основе. Предложены количественные критерии эффективности ингибирования в зависимости от структуры стабилизаторов (Ю. А. Шляпников, Е. Т. Денисов).

Впервые на количественном уровне изучен механизм фотоокисления ряда твердых полимеров; установлен механизм защитного действия некоторых широко используемых светостабилизаторов в твердых полимерах и модельных системах; обнаружен ряд особенностей механизма и кинетики фотохимических реакций в полимерных матрицах (В. Я. Шляпинтох, Д. Я. Топтыгин).

Изучена деструкция полиамидов, полиэфиров, производных целлюлозы и других полимеров в жидких и газовых агрессивных средах, что позволило получить диацетатные и лавсановые ткани и изделия из поливинилхлорида с пониженной электризуемостью (Г. Е. Заиков, Ю. В. Моисеев).

На основе исследований по химии пространственно затрудненных фенолов ведется разработка новых эффективных стабилизаторов (фенозанов) — антиоксидантов широкого назначения (В. В. Ершов, А. А. Володькин, Г. А. Никифоров).

Изучены кинетические закономерности термодеструкции (Г. Б. Манелис, Г. П. Гладышев) и механодеструкции полимеров (П. Ю. Бутягин), установлен механизм действия стабилизаторов, исследована природа синергетических эффектов пар стабилизаторов. Ведутся работы по прогнозированию сроков службы изделий из полимеров (О. Н. Карпунин).

Горение. Взрыв. Детонация. Исследования в области горения и взрыва были начаты классическими работами Н. Н. Семенова, Ю. Б. Харитона, Я. Б. Зельдовича, Д. А. Франк-Каменецкого по созданию теории самовоспламенения газовых смесей. Общая теория процесса теплового воспламенения была впоследствии развита А. Г. Мержановым.

Естественным продолжением теории теплового взрыва явилось создание теории теплового распространения пламени (Я. Б. Зельдович).

Режимы быстрого горения и особые режимы распространения пламени в шероховатых трубах были открыты и изучены в работах К. И. Щелкина, Л. С. Козаченко, Я. К. Трошина. В этой области К. И. Щелкину принадлежит фундаментальная идея о решающем влиянии на ускорение пламени движения газа, вызванного расширением продуктов горения и особенно турбулизации его, вызванной этим движением.

Практически важный случай детонации — сферическую детонацию — впервые изучали Я. Б. Зельдович и С. М. Когарко.

Обобщением экспериментальных исследований было создание теории детонационной волны, которая была впоследствии развита и обогащена данными К. И. Щелкина и Я. К. Трошина, показавшими неустойчивость детонационной волны и трехмерность ее структуры. За открытие и ис-

следование неоднородной структуры фронта детонации в газах Б. В. Войцеховскому, Р. И. Солоухину и Я. К. Трошину была присуждена Ленинская премия 1965 года.

С первых дней образования Института были развернуты исследования процесса сгорания в двигателях легкого топлива (А. С. Соколик, А. Н. Воинов, Г. И. Барский, Б. А. Кравец, В. П. Карпов). Еще в 1936 г. А. С. Соколик и А. Н. Воинов предложили и испытали новый способ организации процесса сгорания в двигателе; форкамерно-факельное зажигание. Благодаря интенсивной деятельности Л. А. Гуссака этот принцип внедряется в практику, находя применение для зажигания в двигателях внутреннего сгорания, печах, энергосиловых установках.

В народном хозяйстве используются рекомендации Института по вопросам техники взрывобезопасности.

Развиты физические модели таких практически важных процессов, как детонация гетерогенных систем (слой топлива — газообразный окислитель, взвесь капель в кислороде и воздухе) (С. М. Трошин, С. М. Когарко, А. А. Борисов).

Важную роль играют исследования в области теории горения и детонации твердых взрывчатых веществ. Вслед за первыми работами С. З. Рогинского было изучено разложение многочисленных взрывчатых веществ и разработан общий подход к их хранению (А. Я. Апин, Ф. И. Дубовицкий, К. К. Андреев, Г. Б. Манелис). Созданию новых взрывчатых составов и определению их термодинамических параметров посвящены работы А. Я. Апина, Л. Б. Еременко, Л. Н. Стесика, В. И. Пепкина, Ю. А. Лебедева.

Большой вклад в мировую науку о горении конденсированных систем внесен исследованиями Я. Б. Зельдовича, А. Ф. Беляева, П. Ф. Похила, М. А. Садовского, О. И. Лейпунского, К. К. Андреева, позднее А. Д. Марголина и Б. В. Новожилова по созданию теории стационарного и нестационарного распространения пламени и физических моделей горения порохов и взрывчатых веществ.

Свыше четырех десятилетий назад А. Ф. Беляев открыл получившее мировую известность явление, выражающееся в том, что при горении летучих взрывчатых веществ возникновению пламени всегда предшествует испарение вещества. В дальнейшем М. А. Садовский обстоятельно изучил механическое действие ударной волны в воздухе и установил зависимость максимального давления и импульса ударной волны от величины заряда и расстояния от места взрыва.

А. Ф. Беляевым, П. Ф. Похилом и О. И. Лейпунским открыто и проанализировано явление диспергирования взрывчатых веществ и порохов.

Широко известны работы Института по изучению развития взрыва в конденсированных системах — исследования конвективного горения, низкоскоростной детонации, определение характеристик чувствительности взрывчатых составов (А. Ф. Беляев, В. К. Боболев).

Классическими работами по теории детонации взрывчатых веществ стали исследования Ю. Б. Харитона, А. Я. Апина. Впервые Ю. Б. Харитоном был сформулирован принцип определения критического диаметра заряда на основании сравнения времен протекания реакции и разлета вещества.

Открытые в Институте химические и физические превращения в сильных ударных волнах в конденсированных веществах использованы для взрывного синтеза нитрида бора, который широко используется в производстве режущего инструмента (А. Н. Дремин). Аналогичный метод используется при синтезе искусственных алмазов, условия получения которых впервые были обоснованы О. И. Лейпунским в 1939 г. Г. А. Адагуровым и П. А. Ямпольским создан метод управляемой трансформации ударно-волнового сжатия в динамическое изоэнтропическое сжатие.

А. Г. Мержановым разработан оригинальный процесс, получивший название «самораспространяющийся высокотемпературный синтез». Путем сжигания смеси химических компонентов с помощью этого метода получают термостойкие тугоплавкие соединения (карбиды, нитриды, силициды, бориды), нашедшие применение во многих отраслях народного хозяйства.

Результаты фундаментальных исследований Института по горению и детонации взрывчатых веществ в последние годы находят широкое применение для создания новых технологических процессов и имеют неоценимое значение для решения проблем новой техники.

Ядерная химия. Химия высоких энергий. Путь создания Н. Н. Семеновым и его школой теории цепных разветвленных реакций в химии позже был фактически пройден физиками при создании теории разветвленных цепных ядерных реакций. Еще в 1939-1940 годах сотрудники Института Ю. Б. Харитон и Я. Б. Зельдович опубликовали первую принципиально правильную теорию цепной реакции деления урана.

В послевоенные годы Н. Н. Семеновым, М. А. Садовским, И. Л. Зельмановым, Б. М. Степановым, А. С. Компанейцем и Б. К. Шембелем проводились исследования по получению при помощи линейных ускорителей пучков ускоренных тяжелых частиц с большими токами при большой энергии. Были также выполнены одни из первых в СССР работы по ядерной физике частиц высокой энергии. А. А. Ковальский, В. И. Гольданский изучили процессы размножения и поглощения нейтронов с энергией 120—380 Мэв в легких и тяжелых ядрах, О. И. Лейпунский, П. А. Ямпольский, М. Я. Ген изучили метастабильные состояния возбужденных ядер. В работах И. И. Левинтова исследовалась поляризация нуклонов при ядерных реакциях. А. С. Компанеев показал применимость теории самосогласованного поля к атомному ядру.

На основании опыта в области химической физики и ядерной физики к 60-м годам в Институте были начаты исследования по ядерной химии. Было начато изучение взаимных связей и взаимного влияния превращений атомных ядер и элементарных частиц, а также свойств их молекулярного и кристаллического окружения (В. И. Гольданский). Получили развитие исследования, связанные с наблюдением и разнообразными применениями эффекта Мессбауэра. Гамма-резонансная спектроскопия широко применяется в кинетических исследованиях адсорбции и капилляризации, физико-химии полимеров, молекулярной биологии, функциональном анализе руд и процессов их переработки. Было открыто явление асимметрии мессбауэровских спектров поликристаллических образцов (эффект Гольданского — Карягина).

Два десятилетия назад начались исследования аннигиляции медленных позитронов, положившие начало широкому применению позитронных методов в химии и физике твердого тела. Проведен цикл работ по химии позитрония, количественно изучены его химические реакции.

К первым исследованиям ускорения топохимических процессов в результате предварительного воздействия ионизирующего излучения относятся выполненные в 50-х годах работы С. З. Рогинского.

Развивается новое направление химической физики — стимулирование химических реакций физическими методами, сочетающее представления химической кинетики, радиационной химии, фото-, плазменной и лазерной химии с вопросами химии низких температур (В. Л. Тальрозе). Для изучения элементарных актов реакций электронов, ионов и высокоэнергетических частиц с молекулами, многофотонных взаимодействий с молекулами потоков излучения, рекомбинации заряженных частиц развиты и применяются оригинальные масс-спектрометрические, радиоспектроскопические, лазерные, магнитометрические, калориметрические методы.

Обнаружены элементарные ионно-молекулярные реакции органических веществ, протекающие без энергии активации.

Разработанный на основе исследований влияния магнитного поля на спиновое состояние парамагнитных частиц метод магнитной модуляции применяется к изучению многих фотохимических реакций, в частности, первичных стадий фотосинтеза (Е. Л. Франкевич).

Сформулирован принцип последовательности элементарных стадий сложных газофазных реакций, инициируемых ионизирующими агентами, который используется для рассмотрения сложных радиационно-химических реакций и лежит в основе современного описания ионосферы Земли (В. Л. Тальрозе, Е. Л. Франкевич, И. К. Ларин).

Расшифрованы механизмы многих реакций, идущих под действием света: фотолиза углеводородных полимеров, процессов триплет-триплетного переноса энергии от ароматических молекул к молекулам растворителя (М. В. Алфимов), взрывного хлорирования в напряженных стеклах хлора с насыщенными соединениями при охлаждении после фотолиза (В. А. Бендерский), фотодиссоциации с использованием маломощных непрерывных лазеров для высокоселективного разделения изотопов (А. М. Чайкин).

Выявлены особенности радиационной полимеризации мономеров, сорбированных на твердых поверхностях. Открыто явление аномально низкого трения в паре полимер — металл под действием потока быстрых частиц (В. Л. Тальрозе, А. Н. Пономарев).

Изучение низкотемпературной радиационной полимеризации позволило определить оптимальные условия для таких радиационно-химических процессов, как сополимеризация ацетона, полимеризация и прививка тетрафторэтилена, получение растворимых фторлаков, отверждение олигокарбонатов, модификация пластоэластомерных покрытий (В. И. Гольданский, И. М. Баркалов).

При исследовании термолюминесценции облученных органических веществ обнаружено соответствие температуры максимумов радиотермолюминесценции температурам структурных переходов (Н. Я. Бубен, В. Г. Никольский).

Биологическая кинетика. Биофизика. Химическая генетика. Оригинальным направлением исследований Института стало применение методов физики и химической кинетики к изучению таких биологических процессов, как рост раковых опухолей, лучевая болезнь, старение живых организмов (Н. М. Эмануэль).

Изучены кинетические закономерности многих опухолевых процессов у животных и человека, предложены количественные критерии отбора высокоэффективных противораковых препаратов (Л. П. Липчина, Н. П. Коновалова, Л. М. Дронова, Л. А. Островская, В. М. Андреев, В. М. Максимов). В результате совместной работы химиков-кинетиков и врачей некоторые из этих препаратов применяются в клинике (Л. С. Евсеенко, Е. М. Вермель, Д. Б. Корман, В. А. Барсель, О. К. Шиятая). Развита представления о роли свободнорадикальных процессов при опухолевом росте, лучевом поражении и других патологических состояниях живых организмов (Е. Б. Бурлакова, К. Е. Круглякова, И. И. Сапежинский, Л. С. Вартамян, А. Н. Саприн, Г. Н. Богданов, М. К. Пулатова). Установлена важная роль и изучены механизмы действия ингибиторов свободно-радикальных реакций — антиоксидантов как антиканцерогенных и противоопухолевых средств, фото- и радиопротекторов, геропротекторов (Л. П. Липчина, Л. Б. Горбачева, И. И. Пелевина, М. А. Островский, Л. К. Обухова, Т. Л. Наджарян). Изучены закономерности развития бактериального рака растений, проводится поиск препаратов, тормозящих рост опухолей растений (Н. Н. Зоз).

Л. А. Блюменфельдом, А. Ф. Ваниным изучаются на молекулярном уровне механизмы основных процессов ферментативного катализа,

электронного транспорта в мембранных структурах и внутриклеточной трансформации и аккумуляции энергии. Впервые в СССР начато систематическое применение метода ЭПР в биологических исследованиях.

Л. А. Пирузяном развиваются работы по медицинской биофизике. Исследуются механизмы биологического действия магнитных полей, оптического излучения и других физических факторов внешней среды. Разрабатываются новые методы диагностики и лечения патологических состояний, изучаются физико-химические основы различных воздействий на организм в норме и при патологии.

Под руководством И. А. Рапопорта изучаются механизмы и спектры мутагенного действия различных химических соединений, зависимость мутагенной активности от строения органических молекул; синтезируются новые мутагены и супермутагены, находящие применение для селекции сельскохозяйственных культур и промышленных микроорганизмов.

Приборы. С самых первых дней организации Института возникла проблема оснащения нового учреждения разнообразными приборами, необходимыми для тонких физических исследований. Еще в предвоенные годы Б. М. Степанов применил к исследованию взрыва и быстрого горения катодный осциллограф. Им была создана методика определения времени срабатывания электродетонаторов. С тех пор исследования Б. М. Степанова в области изучения быстротекущих физических процессов необычайно расширились. Длительное время в Институте плодотворно работал Отдел приборостроения (Г. Л. Шнирман, Б. М. Степанов, А. С. Будовик, П. В. Кевлишвили, А. И. Соколик).

В последующие годы было создано большое число разнообразных приборов: несколько моделей радиоспектрометров ЭПР, спектрофотометрические установки, регистраторы, скорости отверждения полимеров, анализаторы двойных связей, аппарат «сердце — легкие» и многие другие (Е. К. Руссиян, С. Ф. Веселовский, Ф. Н. Камышев, А. А. Кудряков, Е. М. Бражников). Совместно с производственными объединениями разрабатаны и выпускаются радиотермолюминографы, хроматомасс-спектрометры и хроматоэффузиомасс-спектрометры.

Осуществлению широкой программы научно-исследовательских работ во всех областях в большой степени способствовала организация в Институте специализированных экспериментальных мастерских и конструкторских бюро, в которых трудится талантливый коллектив инженеров и конструкторов, создающих новую технику для экспериментальных работ и обеспечивающих высокий уровень научных исследований.

Нельзя не вспомнить об Институте в годы Великой Отечественной войны. Многие ученые Института были мобилизованы в действующую армию или ушли на фронт добровольцами. Коллектив сотрудников Института с великой признательностью и благодарностью вспоминает своих товарищей, отдавших свои жизни за свободу и независимость нашей Родины, и среди них талантливых ученых Д. С. Павлова, В. С. Розинга, П. М. Рюмина, П. Я. Садовникова. Оставшиеся сотрудники вместе со всеми советскими учеными и всем советским народом самоотверженно трудились во время Великой Отечественной войны, отдавая свои силы и знания на решение задач, связанных с обороной нашей Родины.

В юбилейные дни 50-летия Великого Октября за большие заслуги в развитии советской науки и техники и подготовку высококвалифицированных специалистов Институт химической физики награжден высокой правительственной наградой — орденом Ленина.

Велики заслуги Института в распространении химической физики в СССР; в Сибирском отделении АН СССР работает Институт химической кинетики и горения, в Ереване — Институт химической физики Академии наук Арм. ССР, созданные при активном участии ученых Института химической физики АН СССР.

Еще в первые годы после Великой Октябрьской социалистической революции вместе с академиком А. Ф. Иоффе Н. Н. Семенов организовал работу Физико-механического факультета Ленинградского политехнического института, ставшего школой для многих крупнейших ученых. На этом факультете многие годы существовала кафедра химической физики.

Недавно отметила 35-летие первого выпуска кафедры химической кинетики МГУ, руководимая Н. Н. Семеновым. В Московском физико-техническом институте есть факультет молекулярной и химической физики, выпускающий высококвалифицированных физиков-исследователей, где преподавательскую работу ведут многие ученые Института химической физики АН СССР.

Н. Н. Семенов был инициатором создания ряда специальных научных журналов, в частности «Журнала физической химии» (1930 г.). В 1982 г. Академия наук начнет выпуск журнала «Химическая физика», главным редактором которого является Н. Н. Семенов, многие ученые Института состоят в редколлегиях ряда отечественных и международных журналов.

Успехи Института в становлении и развитии химической физики получили широкое международное признание. В течение многих лет ведущие ученые Института выступают по приглашению организаторов с докладами на международных конгрессах, конференциях, и симпозиумах, представляют советскую науку в международных научных организациях — Международном союзе теоретической и прикладной химии (ИЮПАК), Международном союзе теоретической и прикладной физики (ИЮПАП), Комитета по численным данным для науки и техники (КОДАТА), Международной ассоциации развития и исследований при высоких давлениях (МАРИВД). Институт участвует в двусторонних и многосторонних соглашениях с академиями наук социалистических стран в области кинетики и катализа, высокомолекулярных соединений, старения и стабилизации полимеров. Осуществляется сотрудничество с научными центрами ряда капиталистических стран. Многие ученые Института являются иностранными или почетными членами зарубежных академий и университетов.

Из школы Института химической физики вышло 9 академиков и 11 членов-корреспондентов АН СССР. Многие сотрудники удостоены звания Героев Социалистического труда, лауреатов Ленинской премии, лауреатов Государственной премии; академик Н. Н. Семенов — лауреат Нобелевской премии.

Свое 50-летие Институт химической физики АН СССР встречает в расцвете творческих возможностей. Коллектив Института своим самоотверженным трудом вносит достойный вклад в прогресс советской науки и техники.

THE 50th ANNIVERSARY OF THE INSTITUTE OF CHEMICAL PHYSICS OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR.

ACADEMICIAN N. M. EMANUEL

The formation and development of chemical physics in the USSR, mainly in the Institute, from 1920's up to 1981 is presented. Many aspects are analysed such as creation of the chain reaction theory, the history and achievements of chemical kinetics and its influence on the development in such fields as catalysis, combustion and explosion processes, processes of polymerization, physical methods of stimulation of chemical reactions, as well as some applications in biology and medicine.

На III Всесоюзном совещании по философским вопросам современного естествознания

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО ПРЕЗИДЕНТА АКАДЕМИИ НАУК СССР

академика А. П. АЛЕКСАНДРОВА *

Товарищи, перед тем, как открыть III Всесоюзное совещание по философским вопросам современного естествознания, я должен отметить, что мы проводим его в день рождения В. И. Ленина. И в этом есть глубокий смысл.

В. И. Ленин был крупнейшим философом нашего времени, философом-материалистом, который плодотворно использовал диалектический метод в анализе философских вопросов естествознания и последовательно боролся с идеалистическими и другими течениями в нем. Он оставил после себя важные работы, творчески развивающие диалектический материализм.

Научное и философское значение ленинских идей полностью сохраняется и в наши дни. Поэтому, рассматривая философские вопросы современного естествознания, мы обращаемся к классическим трудам В. И. Ленина. Подводя итоги и намечая перспективы исследований в этой области, мы пользуемся ленинской методологией, сделанными В. И. Лениным философскими обобщениями и выводами из анализа развития современного ему естествознания, прежде всего физики, в период крутой ломки его основных понятий и представлений, составивших то, что сегодня принято называть научными революциями.

Если попытаться в нескольких словах выразить смысл и значение проделанного В. И. Лениным анализа, то можно сказать, что он вооружил естествознание научным мировоззрением и методом, адекватным его природе, то есть материалистической диалектикой. В. И. Ленин показал философское значение начавшейся революции в физике и сформулировал основные принципы ее анализа, которые исключают всякое некомпетентное вмешательство в непосредственно осуществляемый естествоиспытателями научный поиск и вместе с тем дают им мировоззренческие ориентиры в философской борьбе, раскрывают гносеологические и методологические основания и природу современного естественнонаучного познания. На этом именно основывается и ленинская идея о союзе философов-марксистов с естествоиспытателями.

Сегодня стало естественным, когда высказываются совершенно нетривиальные положения о связи развития науки с техникой, с производством. В. И. Ленин же отметил важность для диалектического материализма развития обратных связей материального производства и техники с развитием науки. В настоящее время мы считаем эти положения уже общепринятыми и мы говорим об этом постоянно, но тогда это было высказано впервые.

В. И. Ленин резко критиковал физика и философа Маха, его идеалистическое мировоззрение. Он боролся против всех тех течений, которые в начале нашего века выступали против идеи атомного строения

* Печатается по тексту, опубликованному в журнале «Вопросы философии», № 6, 1981.